

Влияние межчастичных взаимодействий на удельную поглощаемую мощность ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных частиц

Кузнецова А. А.¹, Елфимова Е. А.¹

¹Институт естественных наук и математики, Уральский федеральный университет,
проспект Ленина 51, 620000 Екатеринбург, Россия

Электронная почта ответственного автора: anastasia.kuznetsova@urfu.ru

В работе изучается влияние межчастичных взаимодействий на удельную поглощаемую мощность (УПМ) ансамбля обездвиженных суперпарамагнитных частиц. УПМ является главной характеристикой метода магнитоиндукционной гипертермии, направленного на лечение онкологических заболеваний. Теоретические основы этого метода в последние годы стремительно развиваются – изучены вопросы о типе переменного поля, воздействующего на частицы, типах релаксации магнитного момента, типах текстурирования осей легкого намагничивания частиц в твердой матрице – однако учет межчастичных взаимодействий в исследованиях такого рода до сих пор остается не до конца изученным. Известны лишь отдельные теоретические работы, где затрагивается вопрос влияния межчастичных взаимодействий на нагрев образцов с магнитными частицами переменным полем [1, 2].

В настоящей работе рассматривается ансамбль обездвиженных монодисперсных сферических однородно намагниченных суперпарамагнитных частиц, находящихся под воздействием переменного линейно-поляризованного магнитного поля. Все частицы имеют одноосную магнитную анизотропию; оси легкого намагничивания частиц расположены параллельно направлению поля. Поскольку частицы обездвижены, то релаксация магнитного момента происходит только по Неелевскому механизму. Вращательное движение магнитного момента описывается функцией плотности вероятности ориентации магнитного момента, для определения которой используется уравнение Фоккера-Планка. Причем межчастичные взаимодействия включены в уравнение Фоккера-Планка с помощью дополнительного слагаемого на уровне модифицированной теории среднего поля первого порядка. Такой подход был впервые предложен в работе [3]. Аналитическое решение уравнения Фоккера-Планка используется для вычисления УМП. Исследована зависимость УМП от концентрации частиц, интенсивности диполь-дипольного межчастичного взаимодействия, величины магнитной анизотропии частиц, диаметра частиц и частоты переменного поля.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 20-02-00358).

- [1] Yu. Zubarev, Physical Review E 98 (2018) 032610;
- [2] Yu. Zubarev, L. Yu. Isakova, A. F. Abu-Bakr, Physica A 467 (2017) 59-66;
- [3] O. Ivanov, V. S. Zverev, S. S. Kantorovich, Soft Matter 12 (2016) 3507.